



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

**NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY POJISTNÉHO VENTILU
HYDRAULICKÉHO ČERPADLA**

PRODUCTION TECHNOLOGY FOR HYDRAULIC PUMP SAFETY VALVE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Eva Matějčíková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Oskar Zemčík, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Studentka: **Eva Matějčíková**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Oskar Zemčík, Ph.D.**
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Návrh technologie výroby pojistného ventilu hydraulického čerpadla

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Autor navrhne variantní technologii výroby pojistného ventilu hydraulického čerpadla. Součástí návrhu bude volba strojního a nástrojového vybavení. Dále bude provedeno srovnání se stávajícími technologiemi, včetně technicko-ekonomického hodnocení a doporučení do budoucna.

Cíle bakalářské práce:

- řešerše problematiky,
- popis stávající technologie,
- návrh variantní technologie,
- technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam literatury:

BILÍK, Oldřich a Martin VRABEC. Technologie obrábění s využitím CAD/CAM systémů. Ostrava: Vysoká škola báňská-Technická univ., 2002, 128 s. ISBN 80-248-0034-9.

GRZESIK, Wit. Advanced machining processes of metallic materials: modelling and applications. 1. vyd. Oxford: Elsevier, 2008, 446 s. ISBN 978-0-08-044534-2.

CHANG, Tien-Chien, Richard WYSK a Hsu-Pin WANG. Computer-Aided Manufacturing. 3. vyd. New Jersey: Prentice Hall, 2005, 684 s. ISBN 0-13-142919-1.

KAFKA, Jindřich a Martin VRABEC. Technologie obrábění. Praha: ČVUT, 2006, 120 s. ISBN 80-0--01355-3.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato práce si klade za cíl navržení nové technologie výroby pojistného ventilu hydraulického čerpadla a její technicko-ekonomické porovnání s technologií stávající. V úvodu jsou zpracovány základní informace o hydraulických čerpadlech a o vlastnostech obrábění pojistného ventilu, který je součástí hydraulických obvodů. Praktická část je zaměřená na návrh technologického postupu pro výrobu pojistného ventilu, který je vyráběn firmou NETPOL JET s.r.o. Návrh zahrnuje volbu vhodných kontrolních pomůcek a obráběcích nástrojů, provedenou s ohledem na dostupné strojní vybavení. Hlavní část je věnována navrhovanému technologickému postupu, tvorbě operačních návodů a výpočtu strojních časů. V závěru je vypracováno technicko-ekonomické porovnání stávajícího a navrhovaného postupu.

Klíčová slova

hydraulické čerpadlo, pojistný ventil, technologický postup, nástrojový list, obrábění

ABSTRACT

The aim of this Thesis is the design of a new technology for effective production of hydraulic pump safety valve and its technical and economical comparison with the current one. First part provides general information about hydraulic pumps and tooling of safety valves, which are part of the hydraulic circuits. In the practical part, design of new technological process for the production of safety valves in the NETPOL JET company is made. The design includes selection of suitable control and cutting tools with respect to available equipment of the company. Main part is devoted to the description of the technological process, making of operating instructions and calculation of machine times. In the end, technological and economical comparison of current and proposed procedures is made.

Key words

hydraulic pump, safety valve, technological process, tool list, machining

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MATĚJÍČKOVÁ, Eva. *Návrh technologie výroby pojistného ventilu hydraulického čerpadla*. Brno 2017. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 42 s. 9 příloh. Vedoucí bakalářské práce Ing. Oskar Zemčík, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Návrh technologie výroby pojistného ventilu hydraulického čerpadla vypracovala samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Eva Matějčíková

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji Ing. Oskaru Zemčíkovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování bakalářské práce. Dále firmě NETPOL JET s.r.o. za poskytnutí informací. A hlavně děkuji své rodině a svému příteli, kteří mi byli po celou dobu oporou.

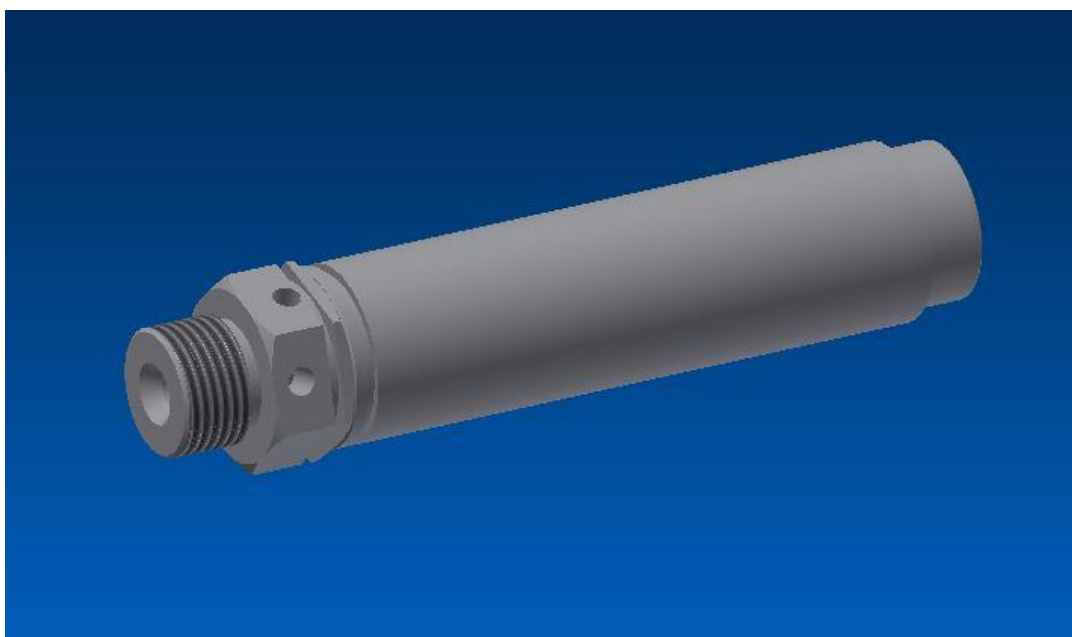
OBSAH

ÚVOD.....	8
1 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI	9
1.1 Hydraulické čerpadlo	9
1.2 Pojistný ventil	10
2 VÝROBNÍ INFORMACE.....	11
2.1 Popis pojistného ventilu	11
2.2 Technologičnost výroby.....	12
2.3 Polotovary	12
2.4 Funkční plochy ventilu	12
3 STROJE A NÁSTROJE	13
3.1 Postup výrobku	13
3.2 Strojní vybavení obrobny.....	13
3.3 Nástrojový list a pomůcky	13
4 TECHNOLOGICKÝ POSTUP	17
4.1 Technologický postup pojistného ventilu	17
4.2 Operační návodky	19
5 TECHONOLOGICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	21
5.1 Technické zhodnocení.....	21
5.2 Ekonomické zhodnocení – nástroje	21
5.3 Ekonomické zhodnocení – stroje	24
5.4 Doporučení do budoucna	26
ZÁVĚR.....	27
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	28
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	29
SEZNAM PŘÍLOH	30

ÚVOD

Námět pro tvorbu bakalářské práce vznikl ve spolupráci se společností NETPOL JET s.r.o. Pojistné ventily jsou zde v současnosti vyráběny na hrotovém soustruhu. Motivací práce je zvýšení efektivity provozu zavedením nové technologie výroby pomocí CNC soustruhu. Cílem této práce je vypracování návrhu technologie výroby a technicko-ekonomické vyhodnocení původní a na nově navržené technologie.

První část práce je věnována samostatnému principu hydraulických čerpadel a pojistného ventilu. Dále jsou zpracovány dostupné výrobní informace o pojistném ventilu hydraulického čerpadla. Jedná se o materiálové a tvarové vlastnosti. Další část práce porovnává současné a nového strojní vybavení. Jsou zde navrženy nástroje pro výrobu a kontrolní pomůcky. V další kapitole je návrh technologického postupu a kontrolních operací. Jsou zde zpracovány operační návodky s detailním výpočtem strojních časů pro jednotlivé záběry a v součtu pro jednotlivé operace. V závěru je technicko-ekonomické zhodnocení. Zejména se jedná o porovnání současného a budoucího stavu za pomoci časových a ekonomických ukazatelů. Práci uzavírá možné doporučení do budoucna.



Obr. 1 Model pojistného ventilu

1 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

NETPOL JET s.r.o. je česká firma, která v současnosti sídlí ve Vizovicích, kde vyrábí a opravuje hydraulické čerpadla. Firma vznikla v roce 1992 pod názvem HYDROSPOL a.s., ale po změně majitele změnila i název a později i místo působitě. Firma disponuje širokou škálou strojního vybavení, zahrnující brusky, soustruhy, frézky, vrtačky a testovací zařízení. Díky tomu je schopna přijímat i jiné zakázky, například čepy nebo různé drobné strojní součástky.



Obr. 2 Logo firmy

Hlavní záměr firmy NETPOL JET s.r.o. je výroba hydraulických čerpadel, lišících se velikostí, průtokem a výkonem, převážně do zemědělských strojů. V tab. 1 jsou popsány technické parametry nejprodávanějšího hydraulického čerpadla, u kterého se používá pojistný ventil, který je předmětem této práce.

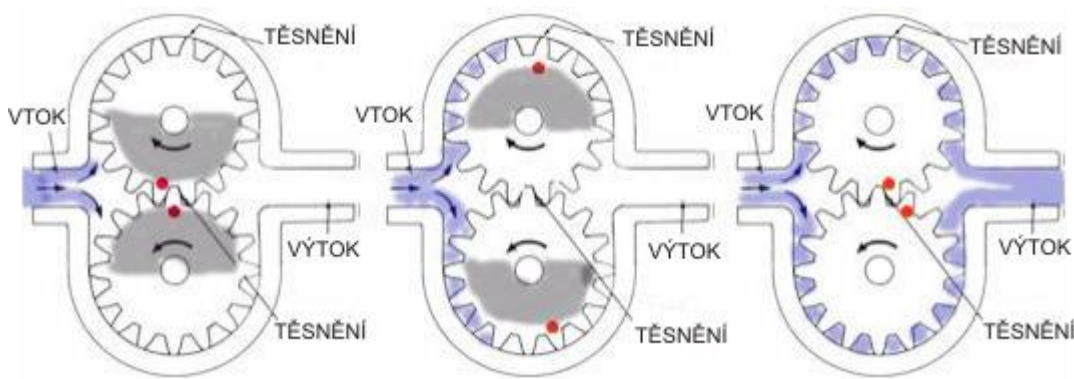
Model	7011 4610
Výkon	25 l/min
Jmenovitý tlak	14 MPa
Maximální tlak	16 MPa
Hmotnost	6 kg

Tab. 1: Technické parametry nejprodávanějšího hydraulického čerpadla.

1.1 Hydraulické čerpadlo

Hydraulické čerpadlo je zubové čerpadlo, které se používá především pro čerpání kapaliny (oleje) v hydraulických systémech, například u stavebních strojů - bagry, rypadla, traktory. Rozdělují se na dva základní typy – klasické zubové čerpadlo (skládá se ze dvou ozubených kol s vnějším ozubením) a excentrické zubové čerpadlo (skládá se z jednoho ozubeného kola s vnějším a z jednoho ozubeného kola s vnitřním ozubením).

Zubová čerpadla s vnějším ozubením fungují na principu dvou identických rotujících ozubených kol. Ozubení na sací straně vychází ze společného záběru a proti stěnám pouzdra čerpadla vytváří prázdné kapsy. S pomocí atmosférického tlaku dochází k jejich plnění médiem (Obr. 3A). Čerpané médium proudí od sací části okolo vnějšího obvodu komory až do výtlaku čerpadla (Obr. 3B-C). Ozubená kola se tak dostávají zpět do vzájemného záběru, čímž dochází ke generování potřebného tlaku.

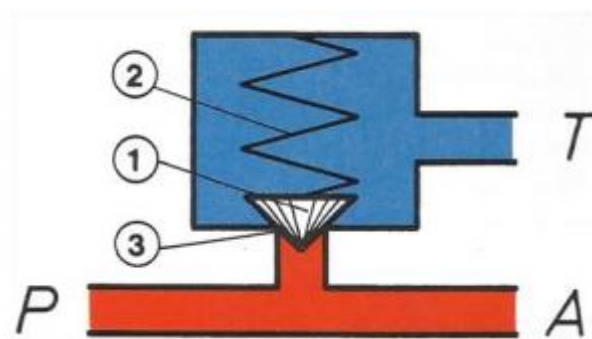


Obr. 3: Princip zubového hydraulického čerpadla. [1]

Při výrobě tohoto typu čerpadla je nutné dodržet velmi malé výrobní tolerance. Dosažení vysokého tlaku čerpadla je podmíněno vysokou přesností jeho výroby. To zároveň představuje značnou nevýhodu při použití abrazivních nebo vysokoteplotních produktů, jelikož časem dochází k opotřebení materiálu a snížení efektivity čerpadla. [1]

1.2 Pojistný ventil

Pojistné ventily jsou součástí hydraulických obvodů (Obr. 4). Pojistné ventily se používají k omezení tlaku proudícího média na předem definovanou hodnotu. Při dosažení nastavené hodnoty tlaku dochází k otevření obvodu a odpuštění přebytečného média. Přebytečná kapalina je odváděna zpět do nádrže. Pojistné ventily se někdy nazývají jako ventily bezpečnostní a rozděluje se na dvě skupiny – kuličkové a kuželkové.



Obr. 4 Funkce pojistného ventilu [2]

Médium proudí vstupní větví obvodu pod vstupním tlakem P (Obr. 4), působícím ve směru otevření uzavíracího elementu (1). Na ten zároveň působí síla o velikosti předpětí pružiny (2) směřující do sedla uzavíracího elementu (3). Pokud má uzavírací síla vyvozená pružinou větší hodnotu, než tlak vstupní větve (P), uzavírací element (1) zůstává v sedle (3) v uzavřeném stavu. Pokud hodnota síly od tlaku kapaliny překročí velikost uzavírací síly pružiny, uzavírací element se přesune do polohy, umožňující průtok kapaliny. Přebytečná kapalina odtéká zpět do nádrže. Ventil zůstává otevřen, dokud nenastane rovnovážný stav mezi působícími silami. Hodnota zdvihu pro otevření se plynule mění v závislosti na průtoku kapaliny. [2]

2 VÝROBNÍ INFORMACE

V této kapitole jsou shrnuty všechny vlastnosti vyráběných součástí. Výrobní výkresy a výkres sestavy pojistného ventilu jsou součástí příloh č. 1-4. Příložené výkresy byly v rámci této práce přepracovány z původních podle současných norem výkresů kvůli zastaralému značení.

2.1 Popis pojistného ventilu

Pojistný ventil se skládá z osmi dílů:

Vyráběné díly

- těleso ventilu
- matice ventilu
- doraz

Kupované díly

- pružina
- O – kroužek
- plombovací drát
- plomba



Obr. 5 Pojistný ventil

Pojistný ventil (obr. 5) o maximálním průměru $D = 27,7$ mm. Délka pojistného ventilu, $l = 100$ mm. Těleso je průchozí, má vnitřní závit, na vnější straně je zápich. Na matici se nachází zápich, dva vertikálně průchozí otvory, jeden horizontálně průchozí otvor a dva vnější závity z obou stran. Na dorazu se nachází drážka, vertikálně průchozí otvor, horizontálně neprůchozí otvor, osazení, sražení a vnitřní otvor.

Plombovací drát s plombou slouží proti otevření pojistného ventilu zákazníkem, aby se nedostali nečistoty dovnitř pojistného ventilu a ventil by přestal fungovat. Pro reklamaci ventilu nesmí být tento plombovací drát přestřižen.

Materiál pro výrobu tělesa je podle značení ČSN 11 373, podle Evropské normy EN S235JRG1. Jedná se o neušlechtilou konstrukční ocel obvyklé jakosti. Chemické složení: max. 0,17% C, max. 0,045% P, max. 0,045% S, max. 0,007% N. Pevnost v tahu je $R_m = \min. 370$ MPa a tvrdost 56-63 HRC.

Materiál pro výrobu matice je podle značení ČSN 11 109, podle Evropské normy EN 11SMn30. Jedná se o automatovou ocel, která je velmi dobře obrobitelná a drsnost ploch je po obrobení dobrá. Chemické složení: max. 0,13% C, 0,9-1,5% Mn, 0,1 P, 0,21-0,32% S. Pevnost v tahu je $R_m = 380-520$ MPa a tvrdost 113-240 HB.

Materiál pro výrobu dorazu je podle značení ČSN 14 220, podle Evropské normy EN 16MnCr5. Jedná se o ušlechtilou konstrukční mangan-chromovou ocel, která je vhodná pro zušlechťování do průměru 35 mm a k cementování s velkou pevností v jádře. Chemické složení: 0,14-0,19% C, 1,1-1,4% Mn, 0,17-0,37% Si, 0,8-1,1% Cr, max. 0,035%,

P max. 0,035% S. Pevnost v tahu je $R_m = \min. 785 \text{ MPa}$. Na výkrese je předepsaná tvrdost 56-58 HRC po kalení a hloubka cementované vrstvy je 0,5-0,8 mm.

2.2 Technologičnost výroby

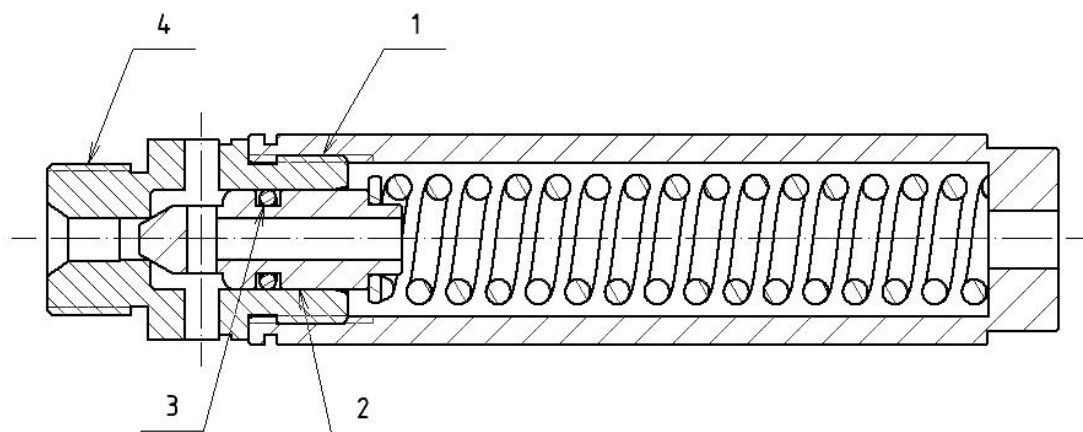
Nejvyšší požadovaná přesnost je u průměru dorazu $\varnothing 12^{0}_{-0,05}$, kde je i nejnižší požadovaná drsnost $R_a = 1,6 \mu\text{m}$. Díly se vyrábějí pouze soustružením (řezání závitů), vrtáním. Jedná se o jednoduché díly na vyrábění.

2.3 Polotovary

Tento pojistný ventil se vyrábí ve firmě NETPOL JET s.r.o. po celou dobu stejně. Ale v této firmě se vyrábí více druhů pojistných ventilů, které se vylepšují. Sériovost pojistného ventilu je velmi proměnlivá, v průměru však činí zhruba 1000-1200 ks za rok. Proto je dobré ventil vyrábět na CNC soustruhu, kde se díly můžou vyrábět z metrových tyčí a tím se urychlí výroba. Pro klasický soustruh se musí polotovary nařezat na dané rozměry. Polotovar pro tělo má rozměry $\varnothing 26\text{mm}$ a délku 99mm, pro matici šestihran 24mm a délku 38mm, pro doraz $\varnothing 12\text{mm}$ a délku 33,5mm.

2.4 Funkční plochy ventilu

Pojistný ventil má několik stěžejních ploch, jejichž přesnost ovlivňuje správnou funkci. Popis těchto ploch je znázorněn na obr. 6.



Obr. 6 Zobrazení funkčních ploch na pojistném ventilu

- 1 – závit M20x1,5
 - spojení matice ventilu a tělesa ventilu
- 2 – plocha pro usazení dorazu
 - díra $\varnothing 12^{+0,08}_{+0,04}$ a doraz $\varnothing 12^{0}_{-0,05}$, musí tam být vůle kvůli pohybu dorazu
- 3 – drážka pro O – kroužek ($\varnothing 8$)
 - O – kroužek zabraňuje vniknutí malým částčkám tělesa ventilu
- 4 – závit M18x1,5
 - spojení matice ventilu s hydraulickým obvodem

3 STROJE A NÁSTROJE

Cílem této kapitoly je seznámení nejen se současným, ale zejména s novým vybavením obrobny, ve které je výroba pojistného ventilu realizována. Dále je zde zpracován nástrojový list a seznam pomůcek.

3.1 Postup výrobku

Materiál, 5m dlouhé tyče, je dovezen do firmy NETPOL JET s.r.o., kde je nařezán na daný rozměr pro obrábění. Po obrobení následuje kalení, cementování a černění, které je provedeno v jiné firmě. Samotná montáž je uskutečněna tam, kde bylo provedeno obrábění. Hotový pojistný ventil je následně odzkoušen na testovacím zařízení. Jestliže je pojistný ventil funkční, lze ho prodávat. Celý postup popisuje následné schéma:

polotovár → obrobení → povrchová úprava → montáž → zkouška → zákazník

3.2 Strojní vybavení obrobny

Firma NETPOL JET s.r.o. má pestré vybavení obrobny – soustruhy, frézy, vrtačky, brusky, pilu na kov a další pomůcky pro vyrábění různých součástek. Z těchto strojů jsou podstatné pro výrobu pojistného ventilu hydraulického čerpadla:

- rámová pila
- sloupová vrtačka TOS VS32A
- hrotový soustruh TOS SN 55B/1500

Parametry strojů jsou zahrnuty v přílohách 5,6, kromě rámové pily, u které není čitelné označení ani značka. Jelikož matice ventilu a doraz obsahují otvory mimo osu, na soustruhu je není možné zhotovit. Vrtání otvorů je provedeno na sloupové vrtačce s použitím vrtacího přípravku.

Obrobna nevyrábí jen pojistné ventily a hydraulické čerpadla, ale přijímá i jiné další atraktivní objednávky, proto se firma rozhodla zmodernizovat svoje vybavení, aby se mohla urychlit výroba. Rozhodli se pro nový stroj CNC soustruh HAAS ST20. Oproti původnímu soustruhu je tento CNC soustruh o 30 let novější. Jeho výkon vzrostl o 7,4 kW. CNC soustruh má řídicí systém HAAS. Počet nástrojů v revolverové hlavě je 12. Kvůli novému systému, proběhlo školení, kterého jsem se zúčastnila. Bylo nutné pořídit nové držáky na nástroje od firmy SECO. Rozměry a hmotnost u CNC soustruhu jsou větší, hlavně kvůli dodržování bezpečnosti je celý CNC soustruh uzavřený. U CNC soustruhu je možné obrábět z metrové tyče a taky má dopravník pro odebírání špon ze soustruhu. Parametry stroje jsou uvedeny v příloze 7.

3.3 Nástrojový list a pomůcky

Nástroje jsou přednostně vybírány z katalogu od firmy M&V, což je velkoobchod s nástroji, taky výrobce nástrojů, který je blízko firmy NETPOL JET s.r.o. S touto firmou již delší dobu úspěšně spolupracuje. Břitové destičky ze slinutých karbidů jsou pořizovány taktéž z této firmy od značky PRAMET nebo ISCAR. K nim jsou odpovídající těla nožů taktéž dodávány od této firmy. Vrtáky jsou kupovány taky od firmy M&V a nebo od výrobce STIMZET nebo DORMER, které taky prodává firma M&V.

Materiál břitových destiček je zvolen dle materiálu obrobku. Ocel patří dle ISO značení do skupiny obrábění P. Značení materiálu je u každého výrobce odlišné. U každé destičky je vybírán materiál tak, aby byl co nejuniverzálnější a mohl se použít i u výroby jiných výrobků.

Tvary VBD byly zvoleny podle obráběných ploch, dle možnosti přístupu k těmto plochám a optimální odolnosti proti plastické deformaci.

U každého nástroje je uvažováno se směrem otáčení vřetene vlevo (po směru hodinových ručiček).

Nástroj T1:

- pravý vnější ubírací nůž, je upnut do pravého axiálního držáku
- sloužící pro obrábění vnějších válcových ploch a čel
- VBD zvolena pro univerzální hrubovací až dokončovací soustružení, rádius je 0,8 mm, tvar W, systém upnutí P
- výrobcem doporučené parametry jsou: $a_p = 0,8\text{--}3,5\text{ mm}$, $f = 0,18\text{--}0,35\text{ mm}$.

Nástroj T2:

- pravý vnější ubírací nůž je upnut do pravého axiálního držáku
- sloužící pro obrábění vnějších válcových ploch a čel
- VBD zvolena pro univerzální hrubovací až dokončovací soustružení, rádius je 0,4 mm, tvar D, systém upnutí P
- výrobcem doporučené parametry jsou: $a_p = 0,4\text{--}2,0\text{ mm}$, $f = 0,05\text{--}0,15\text{ mm}$.

Nástroje T3 a T4:

- upichovací/zapichovací nože, liší se šířkou, T3 má 3mm a T4 1,6 mm, slouží k upíchnutí obrobku nebo k provedení zápichu
- výrobcem doporučené parametry jsou: $a_p = 0,3\text{--}3,0\text{ mm}$, $f = 0,05\text{--}0,25\text{ mm}$.

Nástroj T5:

- pravý vnitřní ubírací nůž je upnut do pravého axiálního držáku, sloužící pro obrábění vnitřních válcových ploch a čel, výrobcem doporučené parametry jsou: $a_p = 0,4\text{--}2,7\text{ mm}$, $f = 0,15\text{--}0,25\text{ mm}$.

Nástroje T6 a T7:

- pravé závitové nože, T6 vnější a T7 vnitřní závitový nůž
- VBD zvolena pro stoupání závitu 1,5 mm.

Nástroj T8:

- válcová čelní fréza, je upnuta v kleštinách do držáku, slouží k zarovnání ploch vyvrtaných děr.

Nástroj T14:

- korunkový vrták, je upnut v kleštinách do držáku, slouží k rychlému vyvrtání děr.

Nástroj T15: středící vrták, je upnut v kleštinách do držáku, slouží ke středění díry.

Nástroje T16: kleště, slouží pro povytažení tyče.





Ostatní nástroje (T9 – T13), vrtáky, jsou kvůli své ceně a zejména možnosti přebroušení přímo na dílně zvoleny z rychlořezné oceli. Výrobce ji označuje jako HSS Co 5 – jedná se o rychlořeznou ocel s pěti procenty kobaltu. Vrtáky v kleštinách se upínají do držáků. Doporučená řezná rychlost je dle výrobce $v_c = 13\text{--}30\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$.

Nástrojový list (tab. 3) přehledně zobrazuje všechny nástroje potřebné pro výrobu pojistného ventilu na CNC soustruhu a sloupové vrtačce. Zároveň jim přiděluje označení, která jsou v souladu s technologickým postupem. Také obsahuje označení nástrojů, pod kterými lze dané nástroje u konkrétních obchodníků objednat.

Mimo nástrojů potřebných pro samotné obrábění je potřeba také pomůcky pro kontrolu předepsaných prvků. Pro měření průměrů, délek a hloubek je určeno digitální posuvné měřítko v rozsahu 0–150 mm. Závit M18 je kontrolován závitovým kalibrem, který byl vyroben ve firmě. Pomůcky pro kontrolu jsou zobrazeny v tab. 2. V této tabulce je také svinovací metr, který se je potřebný pro odměření délky tyče při upínání do sklíčidel.

Číslo	Název nástroje	Obrazová miniatura	Výrobce	Rozsah měření [mm]	Dělení stupnice [mm]
L1	Posuvné měřítko digitální		SOMET	0-150	0,01
L2	Svinovací metr		PROTECO	0-3000	1
L3	Závitový kalibr		VLASTNÍ VÝROBA	-	-

Tab. 2 Seznam pomůcek [3]

Č.	OBRÁZEK	NÁSTROJ	VBD	MATERIÁL	VÝROBCE
T1		Stranový nůž	WMNG060408E-FM	T9315	PRAMET
		PWLN2525M0604			
T2		Stranový nůž	DCMT 11T304E-RM	T8330	PRAMET
		PDJNR2525M15			
T3		Upichovací nůž	TAG N3C	IC830	ISCAR
		TGFH 32-3			
T4		Nůž na zápich	DGN 1602J	IC830	ISCAR
		DGFH 32-1.6			
T5		Nůž do otvoru	CCMT080304E-FM2	T9325	PRAMET
		S08K-SCKCR06			
T6		Vnější závitový nůž	TN16ER150M	T8030	PRAMET
		SER2525M16			
T7		Vnitřní závitový nůž	TN11NR150M	T8030	PRAMET
		SIR0013M11-1			
T8		Válcová fréza čelní		HSSCo8	PRAMET
		Ø16 ISO 1641			
T9		Vrták Ø7 mm		HSSCo5	STIMZET
		2907 DIN338RN			
T10		Vrták Ø11 mm		HSSCo5	STIMZET
		2907 DIN 338 RN			
T11		Vrták Ø5 mm		HSSCo5	STIMZET
		2907 DIN 338 RN			
T12		Vrták Ø4 mm		HSSCo5	STIMZET
		2908 DIN 338 RN			
T13		Vrták Ø3,5 mm		HSSCo5	STIMZET
		2909 DIN 338 RN			
T14		Korunkový vrták	R95018.0	HSS	DORMER
		H85818.0			
T15		Středící vrták Ø4 mm		HSS	M&V
		221110			
T16		Kleště		HSS	M&V
		URN 30.0924			

Tab. 3 Nástrojový list[3][4][5][6]

4 TECHNOLOGICKÝ POSTUP

V této kapitole je rozpracován návrh technologického postupu pro výrobu pojistného ventilu hydraulického čerpadla. Operační návody spolu s vypočítanými strojními časy jsou součástí přílohy 8.

4.1 Technologický postup pojistného ventilu

Technologický postup je část výrobního postupu, která nevyhnutelně souvisí s postupnou změnou tvaru nebo vlastností materiálu zpracovávané součásti od okamžiku dodávky polotovaru k obrábění, až po získání hotového výrobku, skládá se z dílčích operací [6].

Technologický postup se skládá z nařezání materiálu na rámové pile, ze šesti operací na CNC soustruhu a z dvou operací na sloupové vrtačce. U pojistného ventilu se obrábí tři součástky – těleso ventilu, matice ventilu a doraz. U každé z těchto součástí je první strana udělána z metrové tyče, která je nařezána z pěti metrové tyče na rámové pile před obráběním na CNC soustruhu. Po nařezání je metrová tyč upnuta do sklíčidel a je povytažena na určitou délku. Po dokončení první strany obrobku je obrobek upíchnut a tyč je povytažena na původní délku od sklíčidel. Tím pádem je program zastavený až po dodělení tyče, kdy se musí dát nová tyč do stroje. Po zpracování plánovaných počtu tyčí se začne obrábět druhá strana, u které se obrobek musí vyměňovat jednotlivě. Parametry pro obrábění vychází z hodnot doporučených výrobcem a jsou z důvodu maximalizace životnosti zvoleny jako střední hodnoty posuvu, šířky záběru ostří a rezné rychlosti. Ta je uvažována jako konstantní, s měnícím se průměrem obrábění se mění i otáčky vřetene. Na jedné ploše s požadovanou drsností povrchu $Ra = 1,6 \mu m$ je posuv při dokončovacím záběru snížen na $f = 0,08 \text{ mm}$.

Těleso ventilu:

- v prvním kroku je metrová tyč upnuta za vnější průměr a je povytažena od sklíčidel o 50 mm, vnějším soustružnickým nožem T1 je sraženo čelo o 0,2 mm a je sražena i vnější hrana na průměru 25 mm
- nožem na zápich T4 je udělán zápich 2 mm od čela na průměr 22,7 mm, vrtákem T14 o průměru 18 je vyvrtána díra do hloubky 91,5 mm
- frézou T8 o průměru 16 mm je srovnáno čelo díry v hloubce 88,7 mm, vnitřním soustružnickým nožem T5 je obrobena díra na průměr 18,5 do hloubky 18 mm (začištění pro závit) a je sražena vnitřní hrana
- vnitřním závitovým nožem T7 je udělán závit M20x1,5 do hloubky 15 mm, pomocí kleští T16 je vytažena tyč o 100,3 mm a upichovacím nožem T3 je upíchnut obrobek na rozměr 97,3 mm, po dodělení několik tyčí se začne dělat druhá strana
- obrobek je upnut za vnější průměr a doražen na čelo, vnějším soustružnickým nožem T1 je sraženo čelo o 0,3 mm, je odebrán materiál na vnější průměr 22 mm do délky 8,5 mm a jsou sražené vnější hrany
- vrtákem T9 o průměru 7 je vyvrtána díra do hloubky 10 mm.

Matice ventilu:

- metrová tyč je upnuta za tři hrany a je povytažena od sklíčidel o 60 mm, vnějším soustružnickým nožem T1 je sraženo čelo o 0,2 mm a je zahájen hrubovací cyklus na průměr 18,5 mm do délky 11,8 mm, následuje dokončovací cyklus, sražení hrany na průměru 18 mm, pokračování do délky 12 mm, sražení hrany na průměru 27,7 mm
- zapichovacím nožem T4 je udělán zápich 17,8 mm od čela na průměr 22,7 mm, upichovacím nožem T3 je udělán zápich 12 mm od čela na průměr 16 mm

- soustružnickým nožem se závitovou destičkou T6 je udělán závit M18x1,5 na délce 9 mm, středícím vrtákem T15 o průměru 4 mm je navrtána díra 3 mm
- vrtákem T11 o průměru 5 mm je vyvrtána díra do hloubky 16 mm, upichovacím nožem T3 je upíchnut obrobek na rozměr 36,3 mm,
- pomocí kleští T16 je vytažena tyč o 39,3 mm a po dodělání několik tyčí se začne dělat druhá strana
- obrobek je upnut za tři strany a je doražen na čelo, vnějším soustružnickým nožem T1 je sraženo čelo o 0,3 mm a je zahájen hrubovací cyklus na průměr 20,2 mm do délky 11,8 mm, následuje dokončovací cyklus na průměr 20 mm do délky 12 mm a jsou sraženy vnější hrany na průměru 18 mm a 27,7 mm
- zapichovacím nožem T4 je udělán zápich 12 mm a 11,5 mm od čela na průměr 18 mm, soustružnickým nožem se závitovou destičkou T6 je udělán závit M20x1,5 na délce 8,5 mm
- vrtákem T10 o průměru 11 mm je vyvrtána díra do hloubky 23 mm, dále vnitřním soustružnickým nožem T5 je obrobena díra na průměr 12 mm do hloubky 23,7 mm a je sražena vnitřní hrana.

Doraz:

- metrová tyč je upnuta za vnější průměr a je povytažena od sklíčidel o 70 mm, vnějším soustružnickým nožem T1 je sraženo čelo o 0,2 mm a je zahájen hrubovací cyklus na průměr 8,2 mm do délky 9,9 mm, následuje dokončovací cyklus, sražení hrany na průměr 7,96 mm v délce 3,9 mm, pokračování na stejném průměru do délky 10 mm, sražení hrany na průměru 12 mm a pokračování na stejném průměru do délky 28 mm při sníženém posuvu na 0,08 mm
- upichovacím nožem T3 je udělán zápich 16,9 mm od čela na průměr 8 mm, potom je udělán rádius na levé a pravé straně zápichu, snižování na průměr 8,35 mm v délce 30,5 mm, 32,5 mm a pak upíchnutí 34,9 mm od čela
- pomocí kleští T16 je vytažena tyč o 34,8 mm a po dodělání několik tyčí se začne dělat druhá strana
- obrobek je upnut za vnější průměr a je doražen na čelo, vnějším soustružnickým nožem T2 je sraženo čelo o 0,5 mm, následuje dokončovací cyklus, je sražena vnější hrana na průměru 8,3 mm, pokračování na stejném průměru do délky 4 mm a sražení hrany na průměru 12 mm
- středícím vrtákem T15 o průměru 4 mm je navrtána díra 3 mm, vrtákem T11 o průměru 5 mm je vyvrtána díra do hloubky 26 mm.

Technologický postup je v příloze 8 doplněn programy pro obrábění na CNC soustruhu. V programech jsou nástroje označeny tak, jak se umísťují do revolverové hlavy.

Po obrobení na CNC soustruhu musí být dodělány díry na matici a dorazu ventilu na sloupové vrtačce. U matice jsou vyvrtány (T12) 2 díry o průměru 4 mm skrz matici v délce 16,2 mm a 18,5 mm od čela na straně, kde je závit M18x1,5. U dorazu je vyvrtána (T13) jedna díra o průměru 3,5 mm skrz doraz v délce 24 mm. U každé operace je nutné kontrolovat rozměry výrobku a funkčnost závitů po pěti výrobcích.

Po obrobení na CNC soustruhu a sloupové vrtačce následuje kalení, cementování a černění, které je provedeno v jiné firmě. Po úpravě dílů jsou odvezeny zpět do obrobny, kde je pojistný ventil sestaven dohromady s kupovanými díly. Dále je pojistný ventil odzkoušen na testovacím zařízení. Po ověření funkčnosti je pojistný ventil přichystán na prodej.

4.2 Operační návodky

Operační návodky obsahují řeznou rychlost, otáčky hlavního vřetene, posuv, délku dráhy nástroje a počet záběrů. Tyto parametry jsou použity pro výpočet jednotkového strojního času. Operační návodky jsou součástí přílohy 8.

Pro výpočet t_{AS} , byly použity tyto rovnice:

- dráha nástroje:

$$L = l_n + l + l_p \quad (1)$$

L	[mm]	dráha nástroje
l_n	[mm]	délka náběhu
l	[mm]	délka obráběné plochy
l_p	[mm]	délka přeběhu

kde platí: $l_n \approx l_p \approx 2 \text{ mm}$

vzorový výpočet pro soustružení Ø18 nástrojem T5:

$$L = 2 + 18 + 0 = 20 \text{ mm}$$

- otáčky vřetene:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D \cdot \pi} \quad (2)$$

n	[min ⁻¹]	otáčky
v_c	[m.min ⁻¹]	řezná rychlost
D	[mm]	průměr

vzorový výpočet pro soustružení Ø18 nástrojem T5:

$$n = \frac{70 \cdot 1000}{18 \cdot \pi} = 1204 \cong 1200 \text{ min}^{-1}$$

- strojní čas pro obecné soustružení:

$$t_{AS} = \frac{L \cdot i}{v_f} = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} \quad (3)$$

t_{AS}	[min]	jednotkový strojní čas
v_f	[mm.min ⁻¹]	posuvová rychlost
i	[-]	počet záběrů
L	[mm]	dráha nástroje
n	[min ⁻¹]	otáčky
f	[mm]	posuv na otáčku

vzorový výpočet pro soustružení Ø18 nástrojem T5:

$$t_{AS} = \frac{18 \cdot 1}{1200 \cdot 0,12} = 0,138 \text{ min}$$

- strojní čas pro čelní soustružení při konstantní řezné rychlosti:

$$t_{AS} = \frac{\pi \cdot [(D + 2l_n)^2 - (d - 2l_p)^2]}{4 \cdot 10^3 \cdot f \cdot v_c} \quad (4)$$

t_{AS} [min]	jednotkový strojní čas
v_c [m.min ⁻¹]	řezná rychlost
D [mm]	vnější průměr
d [mm]	vnitřní průměr
l_n [mm]	délka náběhu
l_p [mm]	délka přeběhu
f [mm]	posuv na otáčku

vzorový výpočet pro čelní soustružení čela na délku 97 mm nástrojem T1:

$$t_{AS} = \frac{\pi \cdot [(25 + 2 \cdot 0,5)^2 - (0 - 2 \cdot 0,5)^2]}{4 \cdot 10^3 \cdot 0,15 \cdot 100} = 0,035 \text{ min}$$

Vypočtené strojní časy pro jednotlivé operace jsou shrnuty v tab. 4

OPERACE	STROJNÍ ČAS t_{AS} [min]
TĚLESO 1. STRANA	1,348
TĚLESO 2. STRANA	0,253
MATICE 1. STRANA	0,803
MATICE 2. STRANA	1,063
DORAZ 1. STRANA	0,427
DORAZ 2. STRANA	0,546
CELKEM	4,44

Tab. 4 Strojní časy jednotlivých operací na CNC soustruhu

Do jednotkového času jsou zahrnuty kromě strojních i časy vedlejší. Ty byly přibližně stanoveny za použití jednotlivých normativů pro CNC soustruh. Po domluvě s vedoucím obrobny byly vedlejší časy pro CNC soustruh a pro vrtačku upraveny. Pro CNC soustruh je $t_{AV} = 3$ min. Pro vrtačku byl jednotkový čas zvolen $t_A = 4$ min.

Dle rovnice (5) je jednotkový čas t_A vypočten:

$$t_A = t_{AS} + t_{AV} \quad (5)$$

t_A [min]	jednotkový čas
t_{AS} [min]	jednotkový strojní čas
t_{AV} [min]	jednotkový vedlejší čas

výpočet pro jednotkový čas:

$$t_A = 4,44 + 3 = 7,44 \text{ min}$$

5 TECHONOLOGICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Tato kapitola obsahuje porovnání nákladů, výrobních časů a jakosti pojistného ventilu při použití staršího a nového CNC soustruhu na základě navrženého technologického postupu. Výsledky analýzy a možné implikace do budoucna jsou diskutovány na závěr této kapitoly.

5.1 Technické zhodnocení

Základní porovnání vyplývá z počtu upínání obrobku do sklíčidel. Jelikož s každým upínáním přesnost výroby klesá. Varianta obrábění na CNC soustruhu bude přesnější a rychlejší, protože se upne tyč a udělá se několik dílů za sebou. Ale pro dokončení druhé strany se bude muset každý obrobek upínat zvlášť, tak jako klasického soustruhu. U matice ventilu a dorazu se bude muset upínat ještě do přípravku na sloupové vrtače, kde taky hrozí opotřebení přípravku.

Jelikož výrobní výkresy nijak blíže netolerují polohy ani přesnost děr, odkazuje pouze na ISO 2768-mK a ISO 8015, je možné případné nedostatky zanedbat a z hlediska přesnosti, jakosti povrchu a kvality prohlásit obě metody za srovnatelné.

5.2 Ekonomické zhodnocení – nástroje

Pro kalkulaci je uvažována roční série 1200 ks pojistných ventilů. V tab. 6 jsou sečteny strojní časy pro jednotlivé nástroje.

NÁSTROJ	POPIS NÁSTROJE/VBD	t_{AS}
T1	WMNG060408E-FM (3 břity)	0,615
T2	DCMT 11T304E-RM (2 břity)	0,022
T3	TAG N3C (1 břit)	0,251
T4	DGN 1602J (1 břit)	0,089
T5	CCMT080304E-FM2 (4 břity)	0,716
T6	TN16ER150M (3 břity)	0,071
T7	TN11NR150M (3 břity)	0,054
T8	Válcová fréza čelní Ø16	0,043
T9	Vrták Ø7 mm	0,195
T10	Vrták Ø11 mm	0,296
T11	Vrták Ø5 mm	0,864
T12	Vrták Ø4 mm	0,500
T13	Vrták Ø3,5 mm	0,250
T14	Korunkový vrták Ø18 mm	0,938
T15	Středící vrták Ø4 mm	0,126
T16	Kleště	0,066

Tab. 5 Strojní časy jednotlivých nástrojů

K určení množství nástrojů je pro VBD použita průměrná trvanlivost 15 min při doporučených řezných podmínkách. Trvanlivost pro vrtací operace byla odečtena z normativních tabulek.

Pro stanovení počtu obrobených kusů jednou VBD je navržen vztah:

$$n_{ok} = \frac{n_{bř} \cdot 15}{t_{AS}} \quad (6)$$

n_{ok}	[-]	počet obrobených kusů jednou VBD
$n_{bř}$	[-]	počet břitů
t_{AS}	[min]	jednotkový strojní čas

vzorový výpočet pro počet kusů jednou VBD nástroje T3:

$$n_{ok} = \frac{3 \cdot 15}{0,251} = 179,28 \text{ ks}$$

Počet VBD spotřebovaných pro obrobení série 1200 ks:

$$n_{VBD} = \frac{N}{n_{ok}} \quad (7)$$

N	[-]	počet ks v sérii ($N = 1200 \text{ ks}$)
n_{ok}	[-]	počet obrobených kusů

vzorový výpočet pro množství VBD T3 spotřebovaných na celou sérii:

$$n_{VBD} = \frac{1200}{179,28} = 6,69 \text{ ks}$$

V tab. 6 je uveden počet nástrojů potřebných ke zpracování série 1200 ks, jejich celková cena a strojní časy jednotlivých nástrojů. Vyměnitelné břitové destičky jsou prodávány v balení po 10 ks, proto je cena spočítána za tuto jednotku.

NÁSTROJ	POPIS	CENA [Kč]	POČET KS	CELKOVÁ
	NÁSTROJE		NA SÉRII	CENA [Kč]
T1	PWLNR2525M0604	1810	1	1810
T2	PDJNR2525M15	1810	1	1810
T3	TGFH 32-3	2530	1	2530
T4	DGFH 32-1.6	2560	1	2560
T5	S08K-SCKCR06	1820	1	1820
T6	SER2525M16	2575	1	2575
T7	SIR0013M11-1	2605	1	2605
T8	Válcová fréza čelní Ø16	561	1	561
T9	Vrták Ø7 mm	66	7	462
T10	Vrták Ø11 mm	178	4	712
T11	Vrták Ø5 mm	36	23	828
T12	Vrták Ø4 mm	33	15	495
T13	Vrták Ø3,5 mm	32	8	256
T14	Korunkový vrták (H85818.0)	7887	1	7887
T15	Středící vrták Ø4 mm	99	8	792
T16	Kleště	3630	1	3630
VBD				
T1	WMNG060408E-FM	205	2	410
T2	DCMT 11T304E-RM	212	1	212
T3	TAG N3C	456	2	912
T4	DGN 1602J	425	1	425
T5	CCMT080304E-FM2	163	1	163
T6	TN16ER150M	431	1	431
T7	TN11NR150M	423	1	423
T14	R95018.0	350	4	1400
		CELKOVÁ CENA		35 709 Kč

Tab. 6 Náklady na nástroje

5.3 Ekonomické zhodnocení – stroje

Ekonomické hodnocení pro stroje vychází z hodinových sazeb a časů potřebných pro obrábění na jednotlivých strojích. Tyto informace byly udány vedoucím obrobny. Pro CNC soustruh je zpracována přibližná kalkulace hodinové sazby. Veškeré ceny jsou udávány bez DPH.

- Hodinová sazba pro rámovou pilu je stanovena na 100 Kč.h⁻¹. Čas potřebný pro nařezání tří metrových tyčí je 1,5 minuty a pro nařezání jednotlivých polotovarů pro obrábění na klasickém soustruhu (pro jednu tyč = 10 ventilů) je 6 minut.
- Hodina provozu sloupové vrtačky VS 32A je stanovena na 250 Kč.h⁻¹. Čas potřebný pro vrtání otvorů pro 10 ventilů je 40 minut.
- Hrotový soustruh TOS SN 55B/1500 pracuje s hodinovou sazbou 400 Kč.h⁻¹. Soustružnické operace trvají pro 10 ventilů 70 minut.
- Hodinová sazba pro plánované CNC soustruh HAAS ST20 je stanovena na 600 Kč.h⁻¹. Dle navrženého technologického postupu je obrobění pro 10 pojistných ventilů potřebný čas 44,4 minuty.

V tab. 7 jsou shrnuty výsledné ceny výroby pojistného ventilu. Výsledná cena byla vypočtena podle navržených vztahů pro dílčí cenu jednoho ventilu (8) a celkovou cenu (9):

$$c_d = \frac{s_h}{10 \cdot 60} \cdot t_{AS} \quad (8)$$

c_d	[Kč]	dílčí cena
s_h	[Kč]	hodinová sazba
t_{AS}	[min]	jednotkový strojní čas

vzorový výpočet pro stanovení práce na sloupové vrtačce:

$$c_d = \frac{250}{10 \cdot 60} \cdot 40 = 16,67 \text{ Kč}$$

výpočet pro stanovení ceny práce pro danou technologii

$$c_c = c_{d1} + c_{d2} + c_{d3} \quad (9)$$

c_d	[Kč]	celková cena
c_{d1}	[Kč]	dílčí cena na první stroj
c_{d2}	[Kč]	dílčí cena na druhý stroj
c_{d3}	[Kč]	dílčí cena na třetí stroj

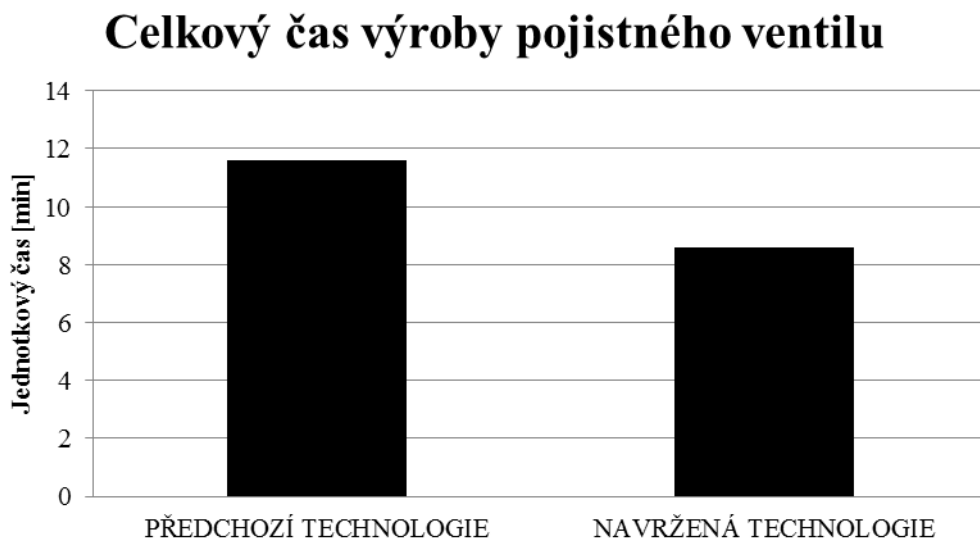
vzorový výpočet pro stanovení ceny práce na navrhované technologii

$$c_c = 0,25 + 16,67 + 44,4 = 61,32 \text{ Kč}$$

VÝROBNÍ TECHNOLOGIE	CELKOVÝ ČAS [min]	VÝSLEDNÁ CENA [Kč]
SOUČASNÁ TECHNOLOGIE	11,6	64,33
NAVRŽENÁ TECHNOLOGIE	8,6	61,32

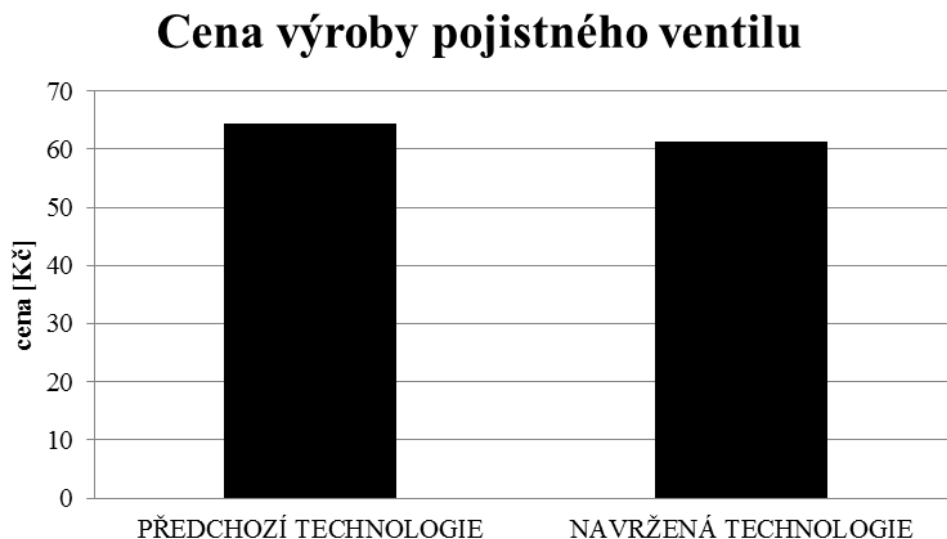
Tab. 7 Ekonomické zhodnocení strojů

V tab. 7 lze vidět, že výroba pojistného ventilu je u navržené výrobní technologii o 3,01 Kč levnější než při předchozí technologii. Při průměrné roční sérii 1200 ks dochází k úspoře 3612 Kč.



Obr. 7 Srovnání celkových časů

I přes úsporu 5 % (obr. 8) je také zároveň dosaženo zkrácení výrobního času o 3 min, tedy o 26 % (obr. 7). Díky změně zařízení také dochází k levnější pracovní síle, obsluha u CNC soustruhu. Ušetřené peníze lze využít pro zmodernizování dalšího zařízení.



Obr. 8 Srovnání celkové ceny

5.4 Doporučení do budoucna

Při stávající sériovosti výroby pojistného ventilu na CNC soustruhu je ekonomicky výhodné koupit podavač tyčí. Tím lze ušetřit vedlejší čas na vkládání tyčí a odměřování povytažené tyče od čela sklíčidel obsluhou stroje. Ušetřený čas obsluhy stroje nejen u výroby pojistných ventilů lze využít na drobné úkony, například vrtání dorazu a matice ventilu na sloupové vrtačce, vkládání gumiček do drážky dorazu, úklid pracoviště.

Jak již bylo zmíněné, výhodou nástrojů z HSS Co 5 je nižší pořizovací cena a možnost broušení ostří přímo na dílně. Naopak velkou nevýhodou jsou nižší hodnoty řezných rychlostí okolo $25 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ a posuvů. Zlepšení a zrychlení výroby je možnost využití nástrojů ze slinutých karbidů. Jejich řezná rychlost pro ocel se pohybuje okolo $60 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. Nevýhodou jsou náklady na pořízení nástrojů ze slinutých karbidů, např. z katalogu M&V je cena za vrták ze slinutých karbidů ($\varnothing 11 \text{ mm}$) 963 Kč, namísto vrtáku totožného průměru z HSS Co 5 si stejný výrobce cení na 178 Kč.

U vrtáků ze slinutých karbidů jsou výrobcem doporučeny minimální hodnoty řezné rychlosti pro správné vytváření třísek. Menší nástroje (pod 5 mm) vyžadují vyšší otáčky, než jsou dosažitelné na CNC soustruhu a sloupové vrtačce. [3]

Nahrazení nástrojů HSS Co 5 za nástroje ze slinutých karbidů je možné jen u vrtáku $\varnothing 11 \text{ mm}$, ale kvůli vyšším pořizovacím nákladům zůstává otázkou jeho dlouhodobé využití.

ZÁVĚR

V rámci této práce byl navržen a kompletně zpracován nový postup výroby pojistného ventilu hydraulického čerpadla. Práce byla provedena v rámci firmy NETPOL JET s.r.o sídlící ve Vizovicích. Současný postup výroby v této firmě je založen na použití hrotového soustruhu TOS SN 55B/1500, zatímco postup nově navržený je založen na CNC soustruhu HAAS ST20. Pro porovnání stávajícího a navrženého postupu byly zvoleny dvě hlavní kritéria: časové a cenové. Analýza strojních časů prokázala, že při dodržení podmínek, stanovených nově navrženým postupem, dojde při výrobě jednoho pojistného ventilu na novém CNC soustruhu HAAS k úspoře 3 minut, což představuje 25% strojního času původního postupu.

Navrhovaný postup je výhodnější i z cenového hlediska. Cenové kalkulace ukázaly, že celková úspora nákladů na výrobu ventilu činí 3,01 Kč/ks, což představuje 5% současné ceny výroby.

Na základě provedených analýz bylo prokázáno, že nově navrhovaný postup umožňuje zefektivnění výroby pojistných ventilů hydraulického čerpadla. Zatímco přímá cenová úspora není příliš výrazná (5%), hlavní výhodou nového postupu je především úspora časová (25%), což se v důsledku odrazí na celkové ceně hotového výrobku. Pořízení nového CNC je sice spojené s jednorázovou investicí, nicméně je méně náročné na obsluhu, což umožňuje snížit náklady na zaměstnance. Z dlouhodobějšího hlediska je tak navrhovaný postup efektivnější, než ten stávající.

Pro další zvýšení efektivity výroby je doporučeno pořízení podavače tyčí, který sníží vedlejší čas výroby na CNC soustruhu a nahrazení stávajících vrtáků z rychlořezné oceli produktivnějšími nástroji ze slinutých karbidů.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Zubové čerpadlo. *AUTOMATIZACE.HW.CZ* [online]. [2011] [vid. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/principy-prumyslovych-cerpadel-1dil-zubova-cerpadla>
- [2] Principy a druhy hydraulických ventilů. *VUTBR.CZ* [online]. [2013] [vid. 2017-04-10]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=64531
- [3] Katalog M&V. *KATALOG.MAV.CZ* [online]. [2017] [vid. 2017-04-23]. Dostupné z: <https://katalog.mav.cz/categories.php>
- [4] Katalog PRAMET. *ECAT.PRAMET.COM* [online]. [2017] [vid. 2017-04-23]. Dostupné z: <http://ecat.pramet.com/Default.aspx?aspxerrorpath=%2finsertsGrid.aspx>
- [5] Katalog ISCAR. *ISCAR.COM* [online]. [2017] [vid. 2017-04-23]. Dostupné z: <http://www.iscar.com/eCatalog/Applications.aspx?mapp=TG>
- [6] Katalog DORMER. *MAV.CZ* [online]. [2015] [vid. 2017-04-23]. Dostupné z: http://www.mav.cz/dormer/Hydra_CZ.pdf
- [7] BILÍK, Oldřich a Martin VRABEC. Technologie obrábění s využitím CAD/CAM systémů. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2002, 128 s. ISBN 80-248-0034-9.
- [8] VÁVRA, Pavel a Jan LEINVEBER. *Strojnické tabulky pro střední odborná učiliště*. Praha: SNTL, 1984. B-745-16.
- [9] TICHONOV, A.P. a M.A. ZASLAVSKIJ. *Strojírenská technologie*. Praha: SNTL, 1966. 04-251-66.
- [10] CNC soustruh HAAS ST20. *BAQ.HAASCNC.COM* [online]. [2017] [vid. 2017-04-29]. Dostupné z: <https://baq.haascnc.com/quote/Lathes/ST/ST-20#gsc.tab=0>
- [11] Hrotový soustruh TOS SN 55B/1500. *STROJESVOBODA.CZ* [online]. [2017] [vid. 2017-04-29]. Dostupné z: <http://strojesvoboda.cz/katalog.php?page=DETAIL&katalog=Stroje/Soustruh/Hrotov%C3%BD&key=&id=11472&ids=11489&o=1>
- [12] Sloupová vrtačka VS 32A. *STROJESVOBODA.CZ* [online]. [2017] [vid. 2017-04-29]. Dostupné z: <https://www.strojesvoboda.cz/katalog.php?page=DETAIL&katalog=&key=&o=1&id=12702>
- [13] KAFKA, Jindřich a Martin VRABEC. Technologie obrábění. Praha: ČVUT, 2006, 120 s. ISBN 80-0--01355-3.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka	Jednotka	Popis
CNC	[-]	computer numerical control
HSS	[-]	high speed steel
PVD	[-]	physical vapor deposition
VBD	[-]	vyměnitelná břitová destička

Symbol	Jednotka	Popis
A	[mm ²]	oddělovaný příčný průřez
A _s	[mm ² .min ⁻¹]	specifická plocha řezu
D	[mm]	vnější průměr
L	[μm]	dráha nástroje
N	[-]	počet kusů v sérii
R _a	[μm]	střední aritmetická úchylka profilu
R _m	[MPa]	pevnost v tahu
a _p	[mm]	šířka záběru hlavního ostří
b	[mm]	prořez pásovou pilou
c _c	[Kč]	celková cena
c _d	[Kč]	dílčí cena
c _{pm}	[Kč]	cena za materiál na přířez
c _t	[Kč]	cena tyče
d	[mm]	vnitřní průměr
f	[mm]	posuv na otáčku
i	[-]	počet záběrů
i _p	[-]	počet přířezů
l	[mm]	délka obráběné plochy
l _n	[mm]	délka náběhu
l _p	[mm]	délka přeběhu
l _{pol}	[mm]	délka polotovaru
l _t	[mm]	délka tyče
n	[min ⁻¹]	počet otáček
n _{ok}	[-]	počet obrobených kusů jednou VBD
n _{bř}	[-]	počet břitů
S _h	[Kč]	hodinová sazba
t _{AS}	[min]	jednotkový strojní čas
v _c	[m.min ⁻¹]	řezná rychlost
v _f	[mm.min ⁻¹]	posuvová rychlost

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Výkres součásti – těleso ventilu
Příloha 2	Výkres součásti – matice ventilu
Příloha 3	Výkres součásti – doraz
Příloha 4	Výkres sestavy – pojistného ventilu
Příloha 5	Technické parametry CNC soustruhu HAAS ST20
Příloha 6	Technické parametry hrotového soustruhu TOS SN 55B/1500
Příloha 7	Technické parametry sloupové vrtačky
Příloha 8	Operační návodky
Příloha 9	Programy pro obrábění na CNC soustruhu HAAS ST20

PŘÍLOHA 1

PŘÍLOHA 2

PŘÍLOHA 3

PŘÍLOHA 4

PŘÍLOHA 5

CNC SOUSTRUH HAAS – ST20 [10]

Maximální průchod tyče vřetenem	51 mm
Maximální průměr obrábění	332 mm
Délka obrábění	533 mm
Maximální otáčky vřetena	4000 ot./min
Maximální pojezd v ose x	236 mm
Maximální pojezd v ose z	533 mm
Počet nástrojů v revolverové hlavě	12
Výkon hlavního elektromotoru	14,9 kW
Půdorysná plocha stroje (délka x šířka)	(4064 x 1981) mm
Výška stroje	1956 mm
Hmotnost stroje	4100 kg
Množství chladicí kapaliny	208 l
Typ CNC	HAAS



PŘÍLOHA 6

SOUSTRUH HROTOVÝ TOS SN 55B/1500 [11]

Maximální průměr obrábění	250 mm
Vzdálenost hrotů	1500 mm
Maximální otáčky vřetena	1000 ot./min
Posuvy podélné	0,05-6,4 mm/ot.
Posuvy příčné	0,025-3,2 mm/ot.
Počet nástrojů v revolverové hlavě	12
Elektromotor pro pohon vřeteníku	7,5 kW
Půdorysná plocha stroje (délka x šířka)	(3500 x 1440) mm
Výška stroje	1500 mm
Hmotnost stroje	2760 kg



PŘÍLOHA 7

SLOUPOVÁ VRTAČKA TOS VS32A [12]

Maximální průměr vrtání	32 mm
Hloubka vrtání	200 mm
Upínací plocha stolu vodorovná	316 x 400 mm
Upínací plocha stolu svislá	200 x 500 mm
Elektromotr výkon	2,2 kW
Elektromotor otáčky	1430 ot./min
Půdorysná plocha stroje (délka x šířka)	(1140 x 620) mm
Výška stroje	2000 mm
Hmotnost stroje	635 kg



PŘÍLOHA 8

SOUČÁSTKA	ČÍSLO	v_c	n	f	L	i	t_{AS}
	NÁSTROJE	[m.min ⁻¹]	[min ⁻¹]	[mm]	[mm]	[-]	[min]
TĚLESO 1.STRANA	T1	100	1273	0,15	13,5	1	0,035
	T4	90	1262	0,12	2,65	1	0,017
	T14	95	1680	0,18	94,5	3	0,938
	T8	50	995	0,04	1,7	1	0,043
	T5	70	1204	0,12	20	1	0,138
	T7	70	1114	1,5	18	5	0,054
	T16	-	-	-	-	-	0,033
	T3	80	1019	0,15	13,75	1	0,090
TĚLESO 2.STRANA	T1	100	1273	0,15	13,5	1	0,035
	T1	100	1273	0,15	8,8	1	0,009
	T1	100	1273	0,15	3	1	0,014
	T9	25	1228	0,15	10	3	0,195
MATICE 1.STRANA	T1	100	1137	0,15	14,75	1	0,042
	T1	100	1137	0,15	12	4	0,025
	T1	100	1721	0,15	12,2	1	0,002
	T1	100	1137	0,15	5	1	0,024
	T4	90	1262	0,12	3,15	1	0,021
	T3	60	1194	0,12	2	1	0,014
	T6	60	1157	1,5	12	5	0,035
	T15	15	1194	0,15	5	1	0,042
	T11	20	1273	0,1	18	3	0,424
	T3	80	1019	0,15	14,75	1	0,097
	T16	-	-	-	-	-	0,077
MATICE 2.STRANA	T1	100	1137	0,15	14,75	1	0,042
	T1	100	1137	0,15	12	1	0,021
	T1	100	1576	0,15	12,3	1	0,002
	T1	100	1137	0,15	4	1	0,020
	T4	70	1238	0,1	6	1	0,048
	T4	70	1238	0,1	2,5	1	0,020
	T6	60	1032	1,5	11	5	0,036
	T10	50	1447	0,18	25,7	3	0,296
	T5	40	1061	0,1	25,7	1	0,484
	T5	40	1061	0,04	4	1	0,094
DORAZ 1.STRANA	T1	100	2653	0,15	7	1	0,013
	T1	100	2653	0,15	10,2	2	0,078
	T1	100	3882	0,15	10,2	1	0,027
	T1	100	2664	0,15	2	1	0,007
	T1	100	2653	0,08	28	1	0,219
	T3	80	2122	0,1	2	1	0,012
	T3	80	2122	0,15	1,95	1	0,006
	T3	80	2122	0,15	1,95	1	0,006
	T3	80	2122	0,12	6	1	0,026
	T16	-	-	-	-	-	0,033
DORAZ 2.STRANA	T2	100	2653	0,15	6	1	0,009
	T2	100	2653	0,1	4,5	1	0,008
	T2	100	2653	0,1	1,25	1	0,005
	T15	15	1194	0,1	3	1	0,084
	T11	20	1273	0,1	26	3	0,440
CELKOVÝ ČAS [min]							4,44

PŘÍLOHA 9

O00201 (TELESO VENTILU 1.STR)

M97 P1

T101 (STR.NUZ 0.8)

G50 S1200

G00 G54 X26. Z-0.2 G96 S100 M03

M08

G01 X-1. F0.15

G00 X22.5

G01 Z-3. A135. F0.15

X26.

G00 Z5.

M09

M05

M97 P1

T202 (ZAPICH 1.6)

G50 S1200

G00 G54 X28. Z-3.6 G97 S1200 M03

M08

G01 X22.7 F0.12

G00 X27.

M09

M05

M97 P1

T808 (VRTAK 18)

G50 S1600

M08

G00 G54 X0 Z3. G97 S1600 M03

G83 X0 Z-91.5 R3. Q98. F0.18

G00 Z5.

M05

M09

M97 P1

T1010 (FREZA 16)

G50 S800

G00 G54 X0 Z2. G97 S1000 M03

M08

G00 Z-86.

G01 Z-88.7 F0.04

G00 Z5.

M09

M05

M97 P1

M31

T606 (NUZ DO OTVORU)

G50 S1200

G00 G54 X18.5 Z2. G97 S1200 M03

M08

G01 Z-18. F0.12

X18.2

G00 Z-2.

G01 X21.5 A45. F0.1

G00 Z5.

M09

M05

M97 P1

M33

T505 (ZAVITOVY NUZ)

G50 S1000

M23

G00 G54 X18. Z2. G97 S1000 M03

M08

G76 X20. Z-16. K0.92 D0.34 F1.5 A60

G00 Z5.

M09

M05

M24

M97 P1

T1212 (KLESTE)

G00 X0 Z10.

Z0

G01 G98 Z-12.5 F2000.

M11

G04 P0.5

G01 W100.3

M10

G04 P1

G01 W20.

G00 X200.

M97 P1

T303 (UPICH)

G50 S1000

G00 G54 X27. Z0 G97 S1000 M03

M08

G01 G99 X10. F0.15

M36

G01 G99 X4. F0.15

S600 M03

X-0.5 F0.1

G00 X27.

M37

M09

M05

M97 P1

M01

M99

N33

M30

N1

G40 G97 G99 M09

G00 G53 X-250. Z-250.

M99

O00202 (TELESO VENTILU 2.STRANA)

M97 P1

T101 (STR.NUZ 0.8)

G50 S1200

G00 G54 X26. Z-0.3 G96 S100 M03

M08

G01 X-1. F0.15

G00 Z-0 X20.

G01 X22 A135. F0.06

Z-8.5 F0.15

X24 F0.15

G01 X28 A135. F0.06

G00 Z5.

M09

M05

M97 P1

T1111 (VRTAK 7 CO)

G50 S1200

G00 G54 X0 Z2. G97 S1200 M03

M08

G01 X0 Z-10. F0.15

G00 Z5.

M09

M05

M97 P1

M30

N1

G40 G97 G99 M09

G00 G53 X-270. Z-300.

M99

O00205 (MATICE VENTILU 2.STRANA)

M97 P1

T101 (KOPIRAK)

G50 S1200

G00 G54 X28.5 Z-0.3 G96 S100 M03

M08

G01 X-1. F0.15

G00 X25. Z0

G74 X20.2 Z-12 I3. D1. F0.2

N10 G00 X16. Z-0.1

G00 X18.8

G01 X20. A135. F0.06

Z-12.3 F0.15

X23.

X28. A105. F0.05

G00 Z5.

M09

M05

M97 P1

T303 (ZAPICH 3)

G50 S1200

G00 X29. Z-12 G97 S1200 M03

M08

G01 X18. F0.1

G00 X22.

Z-11.5

G01 X18 F0.1

G00 X22.

M09

M05

M97 P1

M31

T404 (ZAVITOVY NUZ)

G50 S1000

M23

G00 X20.2 Z2. G97 S1000 M03

M08

G76 X18.5 Z-9 K0.92 D0.34 F1.5 A60

M24

M09

M05

M97 P1

M33

T606 (VRTAK PR.11)

G50 S1500

G00 G54 X0 Z2. G97 S1500 M03

M08

G83 Z-23.7 R3. Q40. F0.18

G00 Z5.

M09

M05

M97 P1

T1010 (NUZ DO OTVORU)

G50 S1000

G00 G54 X12 Z2. G97 S1000 M03

M08

G01 Z-23. F0.1

X11 Z-23.7 F0.04

X4.

G00 Z-1.5

X12.

G01 X15. A15. F0.15

G00 Z5.

M05

M09

M97 P1

M30

N1

G40 G97 G99

G00 G53 X-250. Z-350.

O00204 (MATICE VENTILU 1.STRANA)

M97 P1

T101 (STR.NUZ 0.8)

G50 S1200

G00 G54 X28.5 Z-0.2 G96 S100 M03

M08

G01 X-1. F0.15

G00 X24. Z0

G74 X18.5 Z-12. I3. D1. F0.2

G00 Z0

X16.8

G01 X18. A135. F0.06

Z-12.2 F0.15

X23.

X28. A130. F0.05

G00 Z0

M09

M09

M05

M97 P1

T202 (ZAPICH 1.6)

G50 S1200

G00 G54 X29. Z-17.8 G97 S1200 M03

M08

G01 X22.7 F0.12

G00 X28.5

M09

M05

M97 P1

T303 (ZAPICH 3)

G50 S1200

G00 G54 X29. Z-12. G97 S1200 M03

M08

G01 X16 F0.12

G00 X28.5

M09

M05

M97 P1

M31

T404 (ZAVITOVY NUZ)

G50 S1000

M23

G00 G54 X18.3 Z2. G97 S1000 M03

M08

G76 X16.5 Z-10 K0.92 D0.34 F1.5 A60

M09

M05

M24

M97 P1

M33

T606 (NAVRTAK 4)

G50 S1200

G00 G54 X0 Z2. G97 S1200 M03

M08

G82 X0 Z-3. R2. F0.1 P1.

G00 Z5.

M09

M05

M97 P1

T808 (VRTAK 5)

G50 S1200

G00 G54 X0 Z2. G97 S1200 M03

M08

G83 X0 Z-16. R3. Q25. F0.1

G00 Z5.

M09

M05

M97 P1

T303 (UPICH 3)

G50 S1000

G00 X28.5 Z-39.3 G97 S1000 M03

M08

G01 X10. F0.15

M36

G97 S600

G01 X-1. F0.15

M37

M09

M05

M97 P1

T1212 (KLESTE)

G00 X0 Z10.

Z0

G01 G98 Z-12. F500.

M11

G04 P0.5

G01 W39.5 F2000.

M10

G04 P1

G01 W20.

G00 X200.

M97 P1

M01

M99

N33

M30

N1

G40 G97 G99

G00 G53 X-250. Z-300.

M99

O00206 (DORAZ VENTILU 4603 1 STR)
M97 P1

T101 (KOPIRAK 0.8)
G50 S1500
G00 G54 X13. Z-0.2 G96 S100 M03
M08
G01 X-1.5 F0.15
G00 X12. Z0
G74 X8.2 Z-10.2 I1.2 D1. F0.15
N10 G00 X3.
G01 X6. Z0 F0.1
Z-1.
G00 Z0
X2.5
G01 Z-5. X7.96 F0.1
Z-10.2
X10.4
X11.95 A135. 0.08
Z-28.
M09
M05
M97 P1

T303 (UPICHOVAK S3MM)
G50 S1200
G00 G54 X13. Z-16.9 G97 S1200 M03
M08
G01 X8. F0.1
G00 X11.
G03 X12. Z-17.9 R1. F0.1
G00 X13. Z-16.9
G01 X11. F0.1
G02 X12. Z-15.9 R1. F0.1
G00 X13.
Z-30.5
G01 X8.35 F0.15
G00 X12.2
Z-32.5
G01 X8.35 F0.15
G00 X12.2
Z-34.9
G01 G99 X8. F0.2
M36
S600
G01 X-1. F0.12
G00 X14.
M37
M09
M05
M97 P1
M31

T1212 (KLESTE)
G00 X0 Z10.
Z0
G01 G98 Z-12.5 F2000.
M11
G04 P0.5
G01 W34.8

M10
G04 P1
G01 W20.
G00 X200.
M97 P1
M33
M01
M99
N33
M30

N1
G40 G97 G99 M09
G00 G53 X-200. Z-300.
M99

O00207 (DORAZ VENTILU 2.STR)

M97 P1
T101 (STRANOVY NUZ 0.4)
G50 S1500
G00 G54 X13. Z-0.5 G96 S100 M03
M08
M31
G01 X-1. F0.15
G00 X6.8 Z0
G01 Z-1.5 X8.3 F0.1
Z-4.5
X9.5
X12.2 A135.
M09
M05
M33
M97 P1

T808 (NAVRTAVAK 4)
G50 S1000
G00 G54 X0 Z2. G97 S1000 M03
M08
G01 X0 Z-3. F0.1
G00 Z5.
M09
M05
M97 P1

T303 (VRTAK PR 5)
G50 S1300
G00 G54 X0 Z2. G97 S1300 M03
M08
G01 X0 Z-26. F0.1
G00 Z5.
M09
M05
M97 P1
M30
N1
G97 G99
G00 G53 X-150. Z-250.
M99